



## **Analiza hydraulicznego działania zbiornika retencyjno-przerzutowego**

*Robert Malmur*  
*Politechnika Częstochowska*

### **1. Wprowadzenie**

Rozwój cywilizacji spowodował, iż ośrodki miejskie pozbawione zostały naturalnej retencji w odniesieniu do opadów atmosferycznych. Istniejące systemy kanalizacyjne w większości przypadków nie są w stanie odprowadzić ścieków pochodzących z opadu deszczu i topnienia śniegów, dlatego podejmowane są środki techniczne zmierzające do przechwycenia i czasowego zmagazynowania tej nadwyżki przepływu. W aglomeracjach miejskich sugerowane do realizacji retencjonowania są różnego typu zbiorniki kanalizacyjne.

W okresie intensywnych opadów czy roztopów mogą wystąpić lokalne podtopienia terenów wynikające z niedostosowanej sprawności hydraulicznej kanalizacji deszczowej, a także z często niesprawnych przepustów, których zadaniem jest odprowadzanie ścieków do odbiornika wodnego [1]. Najczęściej były to podtopienia powodowane cofkowym napływem wód z odbiornika (rzeki) na tereny chronione przez niezabezpieczone lub niesprawne zamknięcia wylotowe odwodnień powierzchniowych względnie kanalizacyjnych. Dzieje się tak wówczas, gdy wyso-

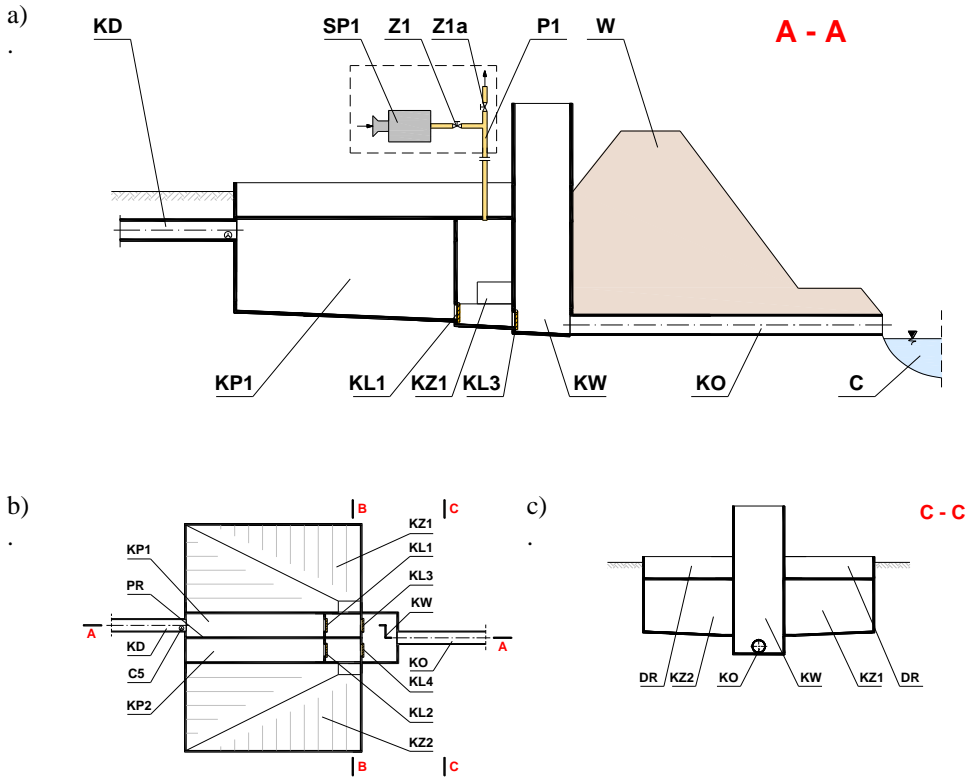
kie stany napełnień w rzekach uniemożliwiają grawitacyjny odpływ ścieków pochodzących z opadów atmosferycznych i równocześnie, gdy nie jest zapewniony ich wymuszony w inny sposób przerzut do odbiornika. Podtopienia terenów mogą wystąpić również wtedy, gdy nie zadziałają różnego rodzaju zabezpieczenia, skutkiem czego za pośrednictwem przewodów kanalizacyjnych nastąpi wyrównywanie hydrostatycznych poziomów napełnienia rzeki i punktów wlotowych do kanalizacji.

Niemniej, straty wynikające z niesprawnej kanalizacji są duże, a problem wymaga zawsze specjalistycznej interwencji [2].

Przegląd stosowanych sposobów przerzutu ścieków opadowych z chronionej zlewni do odbiornika w okresach jego wysokich napełnień nie wyłonił rozwiązania, które mogłoby być uniwersalnym i niezawodnym, mogącym mieć szerokie zastosowanie w praktyce przy niewielkich zmianach adaptacyjnych. Podjęto zatem próbę opracowania takiego rozwiązania hydraulicznego sposobu odprowadzania ścieków pochodzących z opadów atmosferycznych do odbiornika, które zapewniłoby ich swobodny, grawitacyjny odpływ w okresach stanów niskich i średnich napełnień w rzece, a w okresie wezbrań ich wymuszony przerzut. Idea tych rozwiązań polega na tym, by obiekt konstrukcyjny przerzutu ścieków opadowych do odbiornika zlokalizowany był od strony chronionej zlewni. Takie rozwiązania zapewniałyby ewentualne awaryjne naprawy nawet wówczas, gdy w odbiorniku – rzece występowałyby wysokie stany napełnień. Uwzględniano również to, by ich ukształtowanie i wkomponowanie w naturalne środowisko nie dekomponowało architektury krajobrazu. W efekcie tak postawionych uwarunkowań co do sposobu ich działania i architektonicznego ukształtowania konstrukcji powstały różne typy rozwiązań zbiorników retencyjno-przerzutowych, z których jeden opisany jest w niniejszym artykule [3, 4, 6].

## **2. Konstrukcyjne usytuowanie komór zbiornika przerzutowo-retencyjnego**

Zbiornik przerzutowo-retencyjny zawiera komorę przepływową KP1, połączoną w górnej strefie z kanałem dopływowym KD lub z rowem dopływowym ścieków i komorę przelewową KP2 (rys. 1a).



**Rys. 1.** Przykładowe rozwiązanie zbiornika retencyjno-przerzutowego typu GEMINUS: a) przekrój A – A, b) rzut z góry, c) przekrój C – C; *KZ1, KZ2* – komory zbiorcze, *KP1* – komora przepływowa, *KP2* – komora przelewowa, *KW* – komora wieżowa, *KD* – kanał dopływowy, *KO* – kanał odpływowy, *KL1-KL4* – zamknięcia klapowe, *PR* – przegroda z przelewem, *W* – wał przeciwpowodziowy, *C* – odbiornik wodny (rzeka), *Z1, Z1a* – zawory odcinające, *SP1* – sprężarki powietrza, *P1* – przewody tłoczne, *DR* – dodatkowa komora retencyjna, *C5* – czujnik przepływu

**Fig. 1.** Example solution of transfer reservoir GEMINUS – ET: a) cross section A – A, b) top view, c) cross section C – C; *KZ1, KZ2* – storage chambers, *KP1* – flow-through chamber, *KP2* – overflow chamber, *KW* – tower chamber, *KD* – inlet channel, *KO* – outlet channel, *KL1-KL4* – check valves, *PR* – partition wall with weir, *W* – embankment, *C* – water receiver, *Z1, Z1a* – shut-off valves, *SP1* – air compressors, *P1* – air pressure pipes, *DR* – additional retention chamber, *C5* – flow sensor

Komora przepływowa KP1 i komora przelewowa KP2 oddzielone są od siebie przegrodą PR z przelewem szczytowym. Krawędź przelewu szczytowego zajmuje położenie nieco niższe od górnego punktu obrysu kolektora dopływowego KD lub rowu dopływowego. Komora przepływowa KP1 połączona jest poprzez zamknięcie klapowe KL1 z gazoszczelną komorą zbiorczą KZ1, a komora przelewowa poprzez zamknięcie klapowe KL2 z drugą gazoszczelną komorą zbiorczą KZ2. Obie komory zbiorcze KZ1 i KZ2 poprzez zamknięcia klapowe KL3 i KL4 połączone są z komorą wieżową. Komora wieżowa KW o wysokości większej od wysokości korony wału przeciwpowodziowego W, jest połączona z ciekim wodnym C za pośrednictwem kolektora odpływowego KO (rys. 1b).

Zamknięcia klapowe KL1, KL2, KL3, KL4 działają samoczynnie i umożliwiają przepływ cieczy tylko w jednym kierunku, kierunku odpływu ścieków (rys. 1c). Dna komór przepływowej KP1, przelewowej KP2, zbiorczych KZ1 i KZ2 oraz wieżowej KW posiadają spadek w kierunku odpływu ścieków.

W stropie komory zbiorczej KZ1 osadzony jest przewód P1 łączący strefę podstropową komory zbiorczej KZ1 ze sprężarką SP1 lub atmosferą za pośrednictwem zaworów odcinających Z1 i Z1a. Zawór Z1 odcina komorę zbiorczą KZ1 od przewodu sprężarki SP1, natomiast zawór Z1a odcina tę komorę od atmosfery (rys. 1a). W stropie komory zbiorczej KZ2 jest osadzony przewód P2, łączący strefę podstropową komory zbiorczej KZ2 ze sprężarką SP2 lub atmosferą za pośrednictwem zaworów odcinających Z2 i Z2a. Odcinają one komorę KZ2 odpowiednio od sprężarki SP2 i atmosfery.

Działanie zaworów odcinających Z1, Z1a, Z2, Z2a, oraz sprężarek SP1, SP2 jest sterowane czujnikami poziomu ścieków w komorach zbiorczych KZ1 i KZ2. Dwa z czujników C1 i C3, sygnalizujące minimalny poziom ścieków w komorach zbiorczych KZ1 i KZ2, są umieszczone na górnym poziomie zamknięć klapowych KL1 i KL2. Kolejne dwa czujniki C2 i C4, sygnalizujące maksymalny poziom ścieków w komorach zbiorczych KZ1 i KZ2, są umieszczone na poziomie korony przelewu szczytowego przegrody PR w komorze zbiorczej KZ1 oraz w strefie podstropowej, nieco powyżej korony tego przelewu, w komorze zbiorczej KZ2. Maksymalne i minimalne napełnienia ściekami komór zbiorczych KZ1 i KZ2 stanowią praktyczne ograniczenia, dotyczące ustalanych poziomów ścieków w procesie napełniania i opróżniania tych komór.

Działanie zaworów odcinających Z1, Z1a, Z2, Z2a jest ponadto sterowane czujnikiem C5 sygnalizującym zanik dopływu ścieków do zbiornika. Czujnik ten jest usytuowany w strefie przydennej kanału dopływowego KD lub rowu dopływowego u wlotu do komory przepływowej KP1. Jego zadaniem jest spowodowanie opróżnienia niecałkowicie napełnionej jednej z komór zbiorczych.

### **3. Opis działania modelowego zbiornika przerzutowo-retencyjnego**

Dla opisanego w punkcie 2 rozwiązania konstrukcyjnego zbiornika retencyjno-przerzutowego przyjęto następujące założenia:

- stałe maksymalne natężenie dopływu ścieków do zbiornika określone jako przepływ miarodajny,
- taką wydajność objętościową sprężarki, która powodowała by również stały odpływ ścieków ze zbiornika o natężeniu równym przepływowi miarodajnemu,
- uniemożliwiony jest grawitacyjny odpływ ścieków ze zbiornika z uwagi na stan napełnienia w odborniku (komorze wieżowej), który jest wyższy od położenia stropów komór zbiorczych,
- hydrogram dopływu ścieków do zbiornika jest w kształcie prostokąta.

Stosownie do przyjętych założeń, modelowe działanie zbiornika będzie się charakteryzowało tym, że zagwarantowane zostanie niezakłócone, naprzemiennie działanie komór zbiorczych zbiornika.

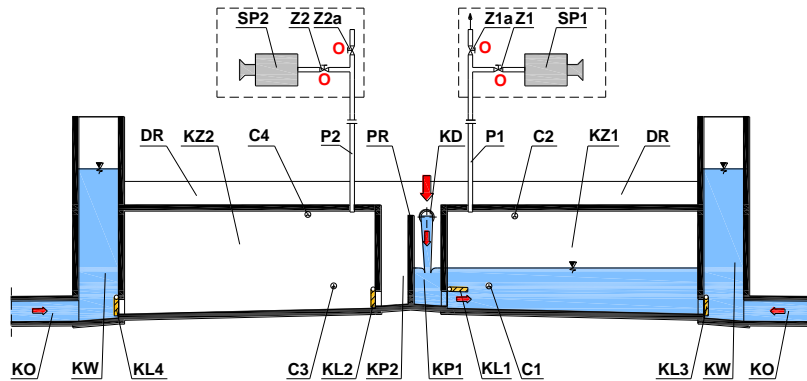
W sytuacji, kiedy w cieku wodnym C wystąpią wysokie stany napełnienia i uniemożliwiony jest grawitacyjny odpływ ścieków, zostają zamknięte zamknięcia klapowe KL3 i KL4, na skutek parcia słupa wody w komorze wieżowej KW, łączące obie komory zbiorcze KZ1 i KZ2 z komorą wieżową KW.

Ścieki dopływające kolektorem dopływowym KD lub rowem dopływowym do komory przepływowej KP1 zbiornika przez zamknięcie klapowe KL1 wypełniają komorę zbiorczą KZ1. Wypełnianiu komory zbiorczej KZ1 towarzyszy równoczesne wypełnianie komory przepływowej KP1 (rys. 2a). Podczas wypełniania komory zbiorczej KZ1 zawory odcinające Z1 i Z1a na przewodzie P1 są otwarte, umożliwiając odpływ powietrza z tej komory. W ustalonym czasie zależnym od pojemno-

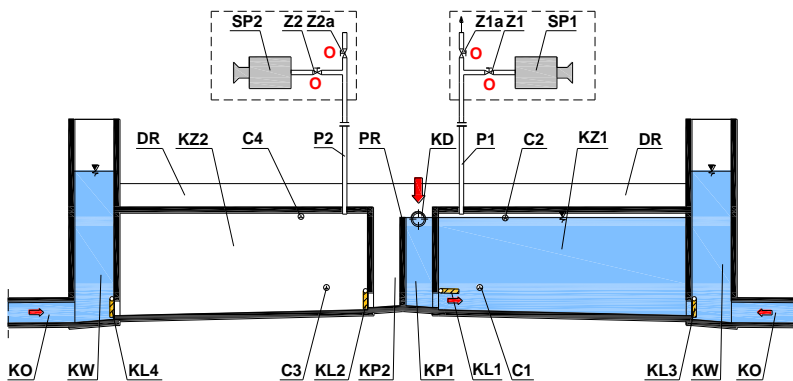
ści obu równocześnie wypełnianych komór (przepływowej KP1 i zbiorczej KZ1) oraz od natężenia dopływu ścieków do zbiornika obie komory zostają napełnione osiągając odpowiednio poziomy:

- w komorze przepływowej do poziomu położenia korony przelewu szczytowego,
- w komorze zbiorczej KZ1 do poziomu jej stropu (rys. 2b).

a).

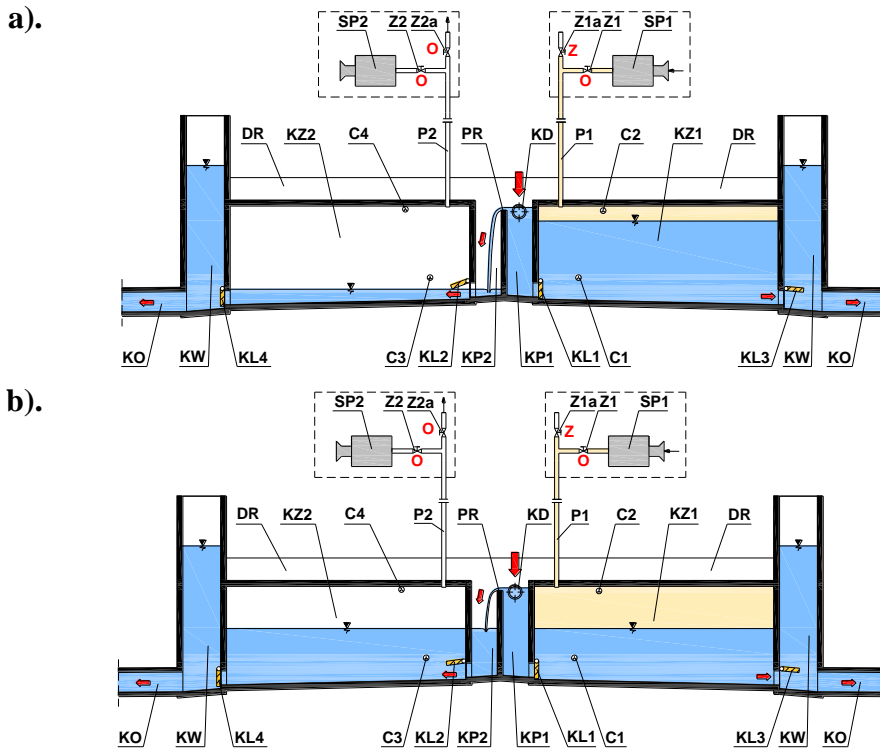


b).



**Rys. 2.** Schemat ideowy działania zbiornika retencyjno-przerzutowego typu GEMINUS: a) faza napełniania komory zbiorczej KZ1, b) całkowite napełnienie komory zbiorczej KZ1

**Fig. 2.** Schematic diagram of transfer reservoir GEMINUS: a) filling phase of storage chamber KZ1, b) complete filing of storage chamber KZ1



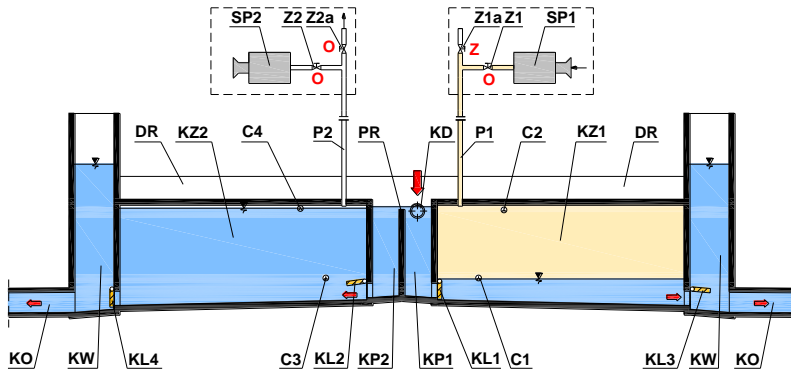
**Rys. 3.** Schemat ideowy działania zbiornika retencyjno-przerzutowego typu GEMINUS: a) faza opróżniania komory zbiorczej KZ1 i jednoczesnego napełniania komory zbiorczej KZ2, b) częściowe napełnienie komory zbiorczej KZ2 i częściowe opróżnienie komory zbiorczej KZ1

**Fig. 3.** Schematic diagram of transfer reservoir GEMINUS: a) phase of emptying storage chamber KZ1 and filling storage chamber KZ2, b) partial filling of storage chamber KZ2 and partial emptying of storage chamber KZ1

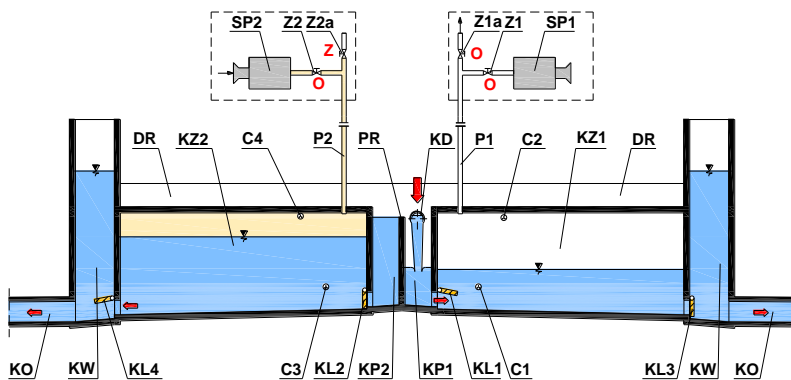
Osiągnięcie tego stanu spowoduje poprzez zadziałanie czujnika C2 zamknięcie zaworu odcinającego Z1a, powodując odcięcie wypełnionej komory zbiorczej KZ1 od atmosfery i jednocześnie włączenie sprężarki SP1. Rozpocznie się tym samym proces opróżniania komory zbiorczej KZ1, w którym zamknięcie klapowe KL1 zostaje zamknięte przy równoczesnym otwarciu zamknięcia klapowego KL3 (rys. 3a). Wzrost ciśnienia powietrza włączanego przez sprężarkę SP1 do wnętrza opróżnianej komory zbiorczej KZ1 powodować będzie, zgodnie z przyjętymi

założeniami odpływ ścieków z tej komory równy przepływowi miarodajnemu. W każdym przypadku opróżniania komory zbiorczej ciśnienie piezometryczne ścieków w niej się znajdujących jest odpowiednio wyższe od poziomu cieczy wypełniającej komorę wieżową.

a).



b).



**Rys. 4.** Schemat ideowy działania zbiornika retencyjno-przerzutowego typu GEMINUS: a) całkowite napelnienie komory zbiorczej KZ2 i całkowite opróżnienie komory zbiorczej KZ1, b) częściowe napelnienie komory zbiorczej KZ1 i częściowe opróżnienie komory zbiorczej KZ2

**Fig. 4.** Schematic diagram of transfer reservoir GEMINUS: a) complete emptying of storage chamber KZ1 and complete filling of storage chamber KZ2, b) partial emptying of storage chamber KZ2 and partial filling of storage chamber KZ1

Zapoczątkowanie procesu opróżniania komory zbiorczej KZ1 równocześnie powoduje rozpoczęcie procesu napelniania drugiej komory zbiorczej KZ2. Ponieważ w tej fazie działania zbiornika zamknięcie kla-



powe KL1 zamyka otwór dopływowy do komory zbiorczej KZ1, dopływające ścieki do zbiornika są zmuszone poprzez przelew szczytowy wypełniać komorę przelewową KP2 i przez otwarte zamknięcie klapowe KL2 komorę zbiorczą KZ2. Wypełnianiu komory zbiorczej KZ2 towarzyszy równoczesne wypełnianie komory przepływowej KP2. Podczas wypełniania komory zbiorczej KZ2 zawory odcinające Z2 i Z2a na przewodzie P2 są otwarte, umożliwiając odpływ powietrza z tej komory (rys. 3b).

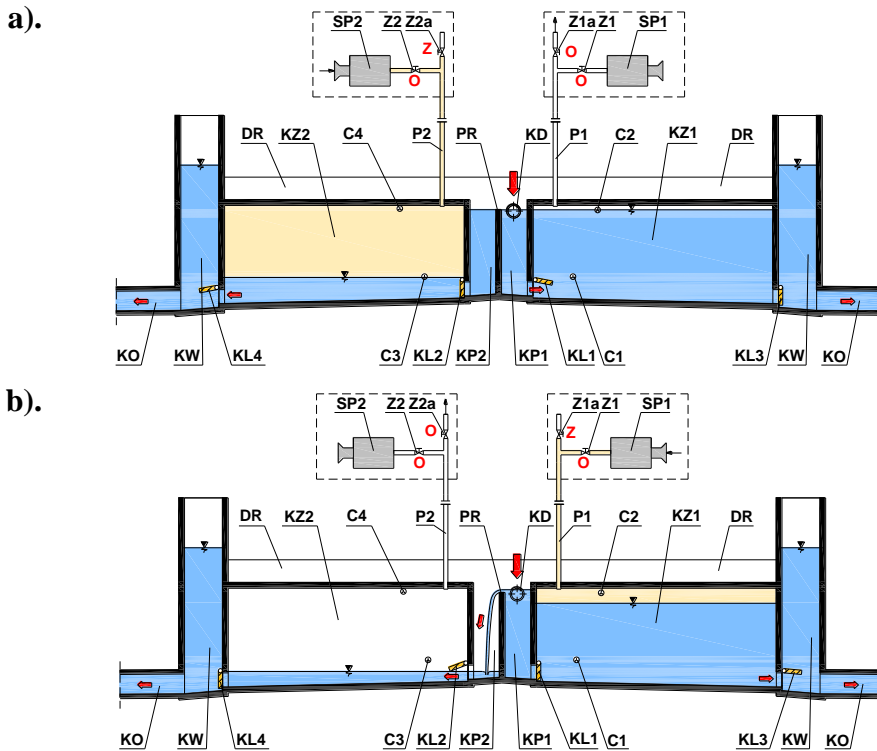
Całkowitemu wypełnieniu komory zbiorczej KZ2 odpowiada całkowite opróżnienie komory zbiorczej KZ1 (rys. 4a). Tej chwili towarzyszy zadziałanie dwóch czujników:

- w komorze zbiorczej KZ1 czujnik dolny C1, który spowoduje wyłączenie sprężarki SP1 i otwarcie zaworu Z1a w wyniku czego sprężone powietrze w tej komorze zostaje rozprężone do ciśnienia atmosferycznego, przy którym zamknięte zostaje zamknięcie klapowe KL3 i otwarte zamknięcie klapowe KL1. Dla tej komory zbiorczej rozpocznie się ponowny proces jej napełniania ściekami (rys. 4a),
- w komorze zbiorczej KZ2 czujnik górny C4 spowoduje włączenie sprężarki SP2 i odcięcie komory od atmosfery przez zamknięcie zaworu odcinającego Z2a. Równocześnie zostaje zamknięte zamknięcie klapowe KL2 i otwarte zamknięcie klapowe KL4 rozpoczynając tym samym proces opróżniania tej komory (rys. 4b).

W wyniku naprzemiennego działania komór zbiorczych zbiornika procesy ich napełniania i opróżniania będą powtarzane dopóty, dopóki ścieki będą dopływać do zbiornika (rys. 5a i 5b).

Jeżeli w rozważanym idealnym działaniu zbiornika retencyjno-przerzutowego dopływ ścieków zaniknie w takiej chwili, że obie komory niecałkowicie wypełnione można rozważać tu dwa warianty dalszego działania zbiornika:

- w pierwszym, czujnik umieszczony w dopływie spowoduje włączenie obu sprężarek i stosowne opróżnienie obu komór,
- w drugim pozostawienie takiego stanu do czasu obniżenia poziomu napełnienia w cieku wodnym, który umożliwi grawitacyjny odpływ nie odprowadzonych ścieków z komór.



**Rys. 5.** Schemat ideowy działania zbiornika retencyjno-przerzutowego typu GEMINUS: a) ponowne, całkowite napełnienie komory zbiorczej KZ1 i całkowite opróżnienie komory zbiorczej KZ2, b) ponowne napełnianie komory zbiorczej KZ2 i ponowne opróżnienie komory zbiorczej KZ1

**Fig. 5.** Schematic diagram of transfer reservoir: a) complete re-filling of storage chamber KZ1 and complete emptying of storage chamber KZ2, b) re-emptying of storage chamber KZ1 and re-filling storage chamber KZ2

#### 4. Podsumowanie

Opisany w artykule zbiornik retencyjno-przerzutowy typu GEMINUS stanowi propozycje rozwiązania problemu dotyczącego okresowo występujących podtopień terenów zurbanizowanych. Podtopienia terenów są najczęściej skutkiem utraty zdolności przepustowej systemu odwadniającego, spowodowanej uniemożliwionym odpływem ścieków do odbiornika. Równie często podtopienia są wynikiem cofkowego spiętrzenia ścieków wysokimi stanami napełnienia w odbiorniku, które po-

wodowane są z kolei brakiem lub niesprawnością działania zabezpieczeń zwrotnych wylotów sieci odwadniającej. Rozwiązanie konstrukcyjne zbiornika typu GEMINUS skutecznie eliminuje wyżej wymienione przyczyny powstawania podtopień terenów zurbanizowanych.

Zastosowany w zbiorniku typu GEMINUS układ sprężarek jest bardziej niezawodny w działaniu od układu pomp ściekowych instalowanych w innym zbiorniku retencyjno-przerzutowym typu PLUVIUS [3, 5], ponieważ nie posiada bezpośredniego kontaktu ze ściekami, które niosą zanieczyszczenia mechaniczne, a często są chemicznie agresywne. Warto również zaznaczyć, że zbiornik typu GEMINUS po adaptacji może stanowić rozwiązanie alternatywne dla stosowanych w kanalizacji pompowni ścieków sanitarnych.

Początkowa wersja działania zbiornika retencyjno-przerzutowego typu GEMINUS zakładała prawie idealne warunki jego działania [6, 7]. Złożony w tej wersji przemienny cykl napełniania i opróżniania komór zbiorczych wymagał zachowania równowagi tych procesów. Chodziło o utrzymanie stałej wartości natężenia dopływu ścieków do aktualnie wypełnianej komory i zapewnienie takiego samego odpływu z komory opróżnianej. Miało to gwarantować nie zakłócenie cyklicznego działania zbiornika. W innym ujęciu tego problemu, należało zrównać czas napełniania i opróżniania komór zbiorczych zbiornika. W praktyce uzyskanie takich warunków jest niemożliwe, dlatego musiał wystąpić efekt nie cyklicznego działania komór zbiornika. Przy zróżnicowanych i mniejszych od nominalnej wartości natężeniach dopływu ścieków do zbiornika nie następuje całkowite, a jedynie częściowe wypełnienie drugiej komory w czasie opróżnienia komory pierwszej. Powoduje to, że po rozprężeniu powietrza w komorze pierwszej, ponownie zostaje ona napełniana, a komora druga pozostaje tylko napełniona częściowo. Będzie to się powtarzało dopóty, dopóki komora druga w takich etapach nie napełni się całkowicie, włączając za pośrednictwem czujnika sprężarkę powietrza, która dokona jej opróżnienia. Prawdziwym jednak problemem jest możliwość zablokowania możliwości akumulacyjnych komór zbiorczych. Może to wystąpić wówczas, kiedy następuje dopełnienie niewielką objętością komory drugiej, a w komorze pierwszej nastąpił początek procesu jej opróżniania. Jest wówczas taki stan, że obie komory są w trakcie procesu opróżniania i nie mogą przyjmować ścieków do akumulacji. Następuje wówczas spiętrzenie stanu napełnienia w komorach przepływowej i prze-

lewowej i tworzenie się retencji naturalnej w kanale dopływowym do zbiornika. Jeżeli naturalne warunki pozwalają na utworzenie bezpiecznej choć krótkotrwałej retencji kanałowej, powodując spiętrzenie napęnienia w dopływie, to takie działanie zbiornika przerzutowego jest dopuszczalne.

Zastosowanie któregośkolwiek ze zbiorników wymaga dokładnego przeanalizowania danych o zlewni, sieci kanalizacyjnej, urządzeniach i obiektach z nią współdziałających, aby na ich podstawie można było uzyskać minimalizację kosztów poniesionych na realizację rozważanej inwestycji.

Przedstawione rozwiązanie zbiornika retencyjno-przerzutowego ścieków opadowych dotychczas nie zostało zastosowane w praktyce, albowiem stanowi nową, mało rozpropagowaną koncepcję [6].

*Praca naukowa finansowana w ramach projektu badawczego  
nr N N523 620139 (BG-401-406/10)*

## Literatura

1. **Błaszczuk W., Roman M., Stamatello H.:** *Kanalizacja*, Arkady, Warszawa 1974.
2. **Geiger W., Dreiseitl H.:** *Nowe sposoby odprowadzania wód deszczowych*, Projprzem, Warszawa 1999.
3. **Kisiel A.:** *Zbiornik przerzutowy ścieków opadowych*, Biuletyn Urzędu Patentowego P-329132, Warszawa 8.10.1998.
4. **Kisiel A.:** *Zbiornik przerzutowy ścieków opadowych*, Biuletyn Urzędu Patentowego P-331776, Warszawa 03.03.1999.
5. **Kisiel A., Mrowiec M.:** *Zbiornik przerzutowy ścieków deszczowych*, Gospodarka Wodna, str. 511÷514, 12/2001.
6. **Malmur R., Kisiel A.:** *Zbiornik przerzutowy ścieków opadowych*, Biuletyn Urzędu Patentowego RP P-373875, Warszawa 23.03.2005.
7. **Mrowiec M., Malmur R.:** *Zbiornik przerzutowy ścieków deszczowych typu SKORPION z układem sprężarkowym*. Gospodarka Wodna, str. 114÷116, 3/2004.

## **Analysis of Hydraulic Operation of Transfer Reservoir**

### **Abstract**

Development of our civilization has caused that urban centres have been deprived of natural retention system especially referring to rainwater. Present sewage systems, in most cases is not able to carry away a great intensity of sewage flow. Therefore, different technical interventions are undertaken in order to catch and keep this surplus of flow temporarily.

Sewage transfer to receivers problem is solved in different way in each country. There are well-known solutions of either stationary or moving sewage pumping stations. However, most often outflow of excessive rainwater is performed gravitationally through outflow collectors linking storm overflows with water receiver. The outlet of these outflow collectors is usually equipped with shut-off check valve in order to protect terrains against flooding. However, practically these valves are not always used, whereas they are installed, are usually deprived of proper care and preservation. Thus, their technical state make impossible for these valves to work.

A research on practical ways of transfer sewage from the protected drainage area to the receiver during the periods of high fillings has not brought a universal and unailing solution, which could have a wide application in practice.

So the problem of working out a solution of hydraulic way of carrying away the rainwater to the receiver assure their natural, gravitational outflow during the periods of either low states and medium fillings in the receiver or during the period of high fillings their strained transfer. This kind of solution of transfer of rainwater to the water receiver are transfer reservoirs. A common solving feature of these reservoirs is that they are located on the side of drained terrain. This solution guarantees possible damage repairs even when in the receiver – river high states of filling appears. Transfer reservoirs can be applied in the following cases: (a) in separate sewage system on the outlets of the main collectors of the rainfall system, (b) in combined sewage system on the outlets of a storm canal, (c) in combined sewage system on the outlets of storm canals with simultaneous pumping of domestic and industrial wastewater to a wastewater treatment plant, (d) in case of collectors carrying away treated sewage from the wastewater treatment plant.

In the paper transfer reservoir GEMINUS is presented. Transfer of sewage, using this kind of reservoir, is done through applying system of air-compressors and proper combination of pressure systems.

